

Appts. for plasma-chemical decomposition and/or destruction of harmful materials

(12)

Publication number: DE19534950**Publication date:** 1997-03-27**Inventor:** BIRCKIGT RUDOLF (DE)**Applicant:** SIEMENS AG (DE)**Classification:****- International:** B01D53/92; B01J19/08; F01N3/08; B01D53/92;
B01J19/08; F01N3/08; (IPC1-7): A62D3/00; B01D53/00;
B01J19/08; B03C3/38; F01N3/00**- European:** B01D53/92; B01J19/08D2; F01N3/08C**Application number:** DE19951034950 19950920**Priority number(s):** DE19951034950 19950920[Report a data error here](#)**Abstract of DE19534950**

Appts. for cleaning the exhaust of internal combustion engines and other machines using fossil fuels incorporates a reactor in which the exhaust stream passes through a section with dielectrically impeded discharge. The section is provided with at least one dielectrically coated electrode and a counter-electrode between which a high voltage of predetermined frequency activation of discharge is applicable. The reactor consists of at least one module (10, 20, ..., 90) which has several parallel, spatially separated channels in a dielectric body. The electrodes of the module are combined in groups for several channels.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 195 34 950 A 1**

(51) Int. Cl. 6:
A 82 D 3/00
B 01 J 19/08
B 01 D 53/00
F 01 N 3/00
B 03 C 3/38

DE 195 34 950 A 1

(21) Aktenzeichen: 195 34 950.4
(22) Anmeldetag: 20. 9. 95
(23) Offenlegungstag: 27. 3. 97

(21) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

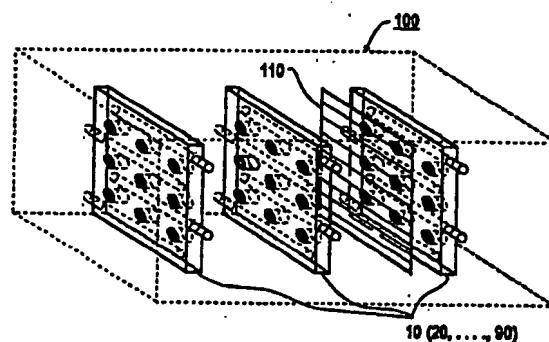
(22) Erfinder:
Birkigt, Rudolf, 91077 Neunkirchen, DE

(58) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE	44 10 213 C1
DE	43 38 995 A1
DE	43 17 964 A1
DE	42 31 581 A1
DE	38 08 291 A1
DE	35 15 143 A1
DE	35 01 158 A1
DE	28 00 592 A1
US	50 09 858

(54) Vorrichtung zur plasmachemischen Zersetzung und/oder Vernichtung von Schadstoffen

(55) Vorrichtung zur plasmachemischen Zersetzung und/oder Vernichtung von Schadstoffen.
Insbesondere zur Abgasreinigung von Verbrennungsmotoren oder anderer mit fossilem Treibstoff betriebenen Maschinen können die Schadstoffe als Abgasstrom eine mit dielektrisch behinderten ("stilen") Entladungen beaufschlagte Strecke in einem Reaktor durchlaufen. Dabei ist bekanntermaßen eine Elektrodenanordnung aus wenigstens einer ersten dielektrisch beschichteten Elektrode und einer zweiten Elektrode als Gegenelektrode vorhanden, zwischen denen bei vorgegebenem Abstand ("Schlagweite") eine Hochspannung vorgebbarer Frequenz zur Aktivierung der Entladungen anlegbar ist. Erfindungsgemäß besteht der Reaktor aus wenigstens einem Modul (10, 20, ..., 90) mit einer Vielzahl paralleler räumlich voneinander getrennter Kanäle (11, 31, ..., 91) in einem dielektrischen Körper (15), wobei die Elektroden (12, 13) jeweils gruppenweise für mehrere Kanäle (11, 31, ..., 91) zusammengefaßt sind. Es ergibt sich dadurch eine nach Aufbau und Charakteristik der Entladungen weitestgehende Variationsmöglichkeit von Abgasreinigungsgeräten.



Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur plasmachemischen Zersetzung und/oder Vernichtung von Schadstoffen, insbesondere zur Abgasreinigung von Verbrennungsmotoren oder anderer mit fossilem Treibstoff betriebenen Maschinen, wobei die Schadstoffe als Abgasstrom eine mit dielektrisch behinderten ("stillen") Entladungen beaufschlagte Strecke in einem Reaktor durchlaufen, mit einer Elektrodenanordnung aus wenigstens einer ersten dielektrisch beschichteten Elektrode und einer zweiten Elektrode als Gegenelektrode, zwischen denen bei vorgegebenem Abstand ("Schlagweite") eine Hochspannung vorgebbarer Frequenz zur Aktivierung von Entladungen anlegbar ist.

Die direkte Abgasnachbehandlung in dielektrisch behinderten Gasentladungen, die auch als Barrierefentladungen bezeichnet werden, ist ein vielversprechender Weg zum Bau von Schadstoffminderungselementen, welche eine Verminderung der Emission gesundheitsschädlicher Abgase erlauben. Dabei können die Abgase sowohl von stationären Anlagen, wie beispielsweise Kraftwerken, als auch von mobil betriebenen Verbrennungskraftmaschinen, beispielsweise Ottomotoren, Dieselmotoren, Zweitaktmotoren, emittiert werden. Ein solches Verfahren und eine zugehörige Vorrichtung ist aus der DE-A 42 31 581 vorbekannt.

Der Betrieb eines Abgasminderungselementes im Abgasstrang eines mobilen Fahrzeugs erfordert zusätzliche Leistung, welche von der Kraftmaschine aufgebracht werden muß. Die zusätzlich benötigte Leistung führt zu einem zusätzlichen Kraftstoffverbrauch.

Speziell Dieselmotoren haben gegenüber Ottomotoren den Vorteil eines um 10 bis 15% geringeren Kraftstoffverbrauches pro abgegebener mechanischer Kilowattstunde. Allerdings erlauben Dieselmotoren nicht den Einsatz geregelter Dreiegekatalysatoren wie beim Ottomotor, wodurch sie einen gegenüber Ottomotoren mit Katalysator deutlich höheren Ausstoß an NO haben. Die Nachbehandlung dieses NO-Anteils muß daher beim Dieselmotor energetisch so effizient vorgenommen werden, daß der Vorteil im Kraftstoffverbrauch möglichst wenig geschmälert wird. Dies bedeutet, daß bei Verwendung von Abgasminderungselementen nach dem Prinzip der Barrierefentladung der Wirkungsgrad deutlich verbessert werden muß, wozu die verfahrenstechnischen Parameter einerseits und die apparativen Parameter andererseits veränderbar sein müssen.

Aus der DE-A 43 17 964 ist weiterhin eine Einrichtung zur plasmachemischen Bearbeitung von Schadstoffen bekannt, bei der bei Durchlaufen eines Schadstoffstromes durch die Barrierefentladung das Produkt $p \cdot d$ an die Aktivierungsenergie der gewünschten chemischen Reaktionen anpaßbar ist und räumlich und/oder zeitlich unterschiedliche Werte annimmt, wobei p der Gasdruck im Reaktorvolumen und d die sogenannte Schlagweite ist. Konkret bedeutet dies für eine diesbezügliche Vorrichtung, daß die Elektroden und/oder der dielektrische Körper ein Entladungsgefäß mit lokalen unterschiedlichen Schlagweiten bilden.

Aus der älteren, nichtvorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung 19 525 749.9 ist schließlich eine Vorrichtung der eingangs genannten Art vorbekannt, bei der der Reaktor zum Betreiben der Entladung in einer solchen räumlichen Struktur, bei der das Gesamtreaktorvolumen sich wiederholend in Entladungszonen einerseits und in entladungsfreie Zonen andererseits un-

terteilt ist, Mittel zu sich in Flußrichtung des Abgasstromes wiederholenden Feldüberhöhung im Bereich der Entladungszonen aufweist. Damit soll der Wirkungsgrad der Entladung verbessert und insbesondere die Möglichkeit der Kombination mit chemischen Reaktionen an der Oberfläche der Strukturen, beispielsweise katalytischer Art, eröffnet werden.

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine Vorrichtung zu schaffen, die mit einer einfachen Geometrie unter Anwendung der bereits oben vorgeschlagenen Prinzipien einen praxisgerechten Aufbau eines Abgasreinigungselementes ermöglicht.

Die Aufgabe ist erfundungsgemäß bei einer Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß der Reaktor aus wenigstens einem Modul mit einer Vielzahl paralleler, räumlich voneinander getrennter Kanäle in einem dielektrischen Körper besteht, wobei die Elektroden jeweils gruppenweise für mehrere Kanäle zusammengefaßt sind. Vorzugweise ist der dielektrische Körper durch einen solchen Isolationskörper aus geeignetem Material gebildet, in dem die Elektroden fest eingebracht sind.

Im Rahmen der Erfindung kann ein einzelnes Modul eine standardmäßig vorgegebene Dicke aufweisen. Dies hat den Vorteil, daß einzelne Module hintereinander schaltbar sind. Sie können dabei unmittelbar aneinander gereiht oder mit Abstand hintereinander angeordnet sein, wobei beispielsweise zwischen die Module Filter od. dgl. anordnbar sind. Wesentlich ist aber, daß die Elektroden jeweils mechanisch fest in den Isolationskörper integriert sind.

Besonders vorteilhaft ist bei der Erfindung mit der Vielzahl paralleler, räumlich voneinander getrennten Kanäle im Dielektrikum, daß neben der dielektrisch behinderten Entladung eine große Oberfläche für katalytische und nicht katalytische Reaktionen, bei denen der Materialverbrauch vernachlässigbar ist, zur Verfügung steht. Dabei ergibt sich jeweils ein einfacher Aufbau der Anordnung, wobei sich die Abmessungen sowie das Material des Dielektrikums, und weiterhin die Form, die Abmessungen und die Anzahl der einzelnen Entladungszellen an den jeweiligen Bedarf anpassen läßt.

Durch die Anordnung der Vorrichtung aus einzelnen Blöcken, die sich modular hintereinander schalten lassen, kann der jeweilige Zwischenraum je nach Erfordernis frei wählbar sein. Dadurch ergibt sich beispielsweise die Möglichkeit, zwischen einzelnen Stufen der Abgasbehandlung durch stille Entladungen zusätzliche Maßnahmen vorzunehmen, die den Reinigungsvorgang verbessern. Neben dem bereits erwähnten Einsatz von Filtern ist die Zugabe von Additiven, sowie chemische, mechanische, elektrische oder andere Maßnahmen zur Konzentrationserhöhung bzw. zur Trennung von bereits behandelten und noch nicht behandelten Molekülen des Abgases möglich. Daneben lassen sich die einzelnen Blöcke unabhängig voneinander betreiben, so daß beispielsweise in einem einzigen System Entladungen mit unterschiedlichen Charakteristiken hinsichtlich Frequenz und/oder Pulsformen der Entladungen simultan brennen können.

Besonders vorteilhaft ist bei der Erfindung, daß durch die Integration der Elektroden im Isolationskörper ein mechanisch robuster Reaktor mit langzeitstabilen Betriebsbedingungen entsteht, was insbesondere für den praktischen Einsatz in Kraftfahrzeugen von Bedeutung ist. Es ist weiterhin möglich, eine Heizmöglichkeit vorzusehen, mit der die optimale Betriebstemperatur des Abgasreinigungselementes bei Inbetriebnahme des

Fahrzeuge sofort erreicht werden kann.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung in Verbindung mit weiteren Unteransprüchen. Es zeigen in jeweils schematischer Darstellung

Fig. 1 die Vorderansicht eines in einer geschlossenen Kammer angeordneten Abgasreinigungsmoduls,

Fig. 2 einen Schnitt durch das Reinigungsmodul gemäß Fig. 1,

Fig. 3 eine alternative Anordnung zur Fig. 1,

Fig. 4 eine besondere Anordnung der Elektroden bei einer Anordnung gemäß Fig. 1,

Fig. 5 bis 7 unterschiedliche Anordnungen von Elektroden in der Seitenansicht des Abgasmoduls gemäß Fig. 2,

Fig. 8 und 9 Anordnungen mit der Integration von Heizelementen in die Elektroden und

Fig. 10 eine Zusammenschaltung einer Anzahl von Modulen nach einem der Fig. 1 bis 9 zu einem kompletten Reaktor.

Gleiche Teile sind in den Figuren mit gleichen Bezugssymbolen versehen.

In der Figur ist mit 1 die Umrandung einer Kammer bezeichnet, die beispielhaft ein einzelnes Entladungsmodul 10 trägt. Die Kammer 1 ist innen mit einer Elektronenabdeckung 2 versehen.

Das Entladungsmodul 10 besteht aus einem Grundkörper 15 aus dielektrischen Material, beispielsweise Teflon. In den Körper 15 aus dielektrischem Material sind im Abstand zeilen- bzw. spaltenförmig neben- und übereinander Keramikrohre 11 eingebracht, beispielsweise fünf Zeilen mit je vier Keramikrohren 11, welche je einen Brennraum umschließen.

Zur Aktivierung von dielektrisch behinderten Entladungen in den einzelnen Brennräumen der Keramikrohre 11 sind im Dielektrikum 15 zwischen den einzelnen Zeilen Elektroden fest eingebracht und zwar jeweils alternierend eine Elektrode 12 für niedriges Potential ("low") und eine Elektrode 13 für hohes Potential ("high"). Die einzelnen Elektroden 12 bzw. 13 sind jeweils in den Körper aus dem dielektrischen Material integriert und haben jeweils an ihren außenstehenden Enden Leitungsanschlüsse für gemeinsame Stromzuführungen 16 bzw. 17.

Aus der Schnittdarstellung der Fig. 2 ergibt sich, daß die einzelnen Kanäle der Rohre 11 mit anderem Materialien als dem des Isolationskörpers 10 ausgekleidet sind, beispielsweise mit katalytisch wirksamer Keramik, mit Metallocidbeschichtungen od. dgl. Die Elektroden 12 und 13 haben beispielsweise runden Querschnitt und sind jeweils für einen gewissen Bereich längs des Brennraumes wirksam. Dadurch, daß die Elektroden 12 und 13 jeweils alternierend senkrecht von der Seite in den Körper eingeführt sind, ist eine gute Trennung der Potentiale gewährleistet. Auch bei den verwendeten Wechselspannungen von beispielsweise 10 bis 20 kV ergibt sich somit keine Gefahr von Überschlägen an den Elektrodenanschlüssen außerhalb des Isolationskörpers. Die Elektroden 12, 13 selbst liegen bei Fig. 1 und 2 voll im Isolationskörper 15, wobei in diesem Fall im Brennraum eine beidseitig behinderte dielektrische Entladung innerhalb der Rohre 11 entsteht.

In Fig. 3 ist ein Entladungsmodul 30 gegenüber Fig. 1 durch Formgebung dahingehend abgewandelt, daß der Querschnitt des Brennraumes eine Langlochgeometrie hat. Der Querschnitt kann bei weiteren Ausführungsformen auch rechteckig oder sternförmig sein. Speziell

durch letztere Geometrie ergibt sich eine vergrößerte Oberfläche des Brennraumes.

In Fig. 4 ist ein Entladungsmodul 40 mit Entladungskanal gegenüber den Fig. 1 und 3 in der Weise abgewandelt, daß jeweils eine von zwei gegenüberliegenden Elektroden 42, 43 unterschiedlicher Polarität unmittelbar in den Kanal 41 hereinragt. Damit liegt eine einseitig behinderte dielektrische Entladung vor. Dabei kann insbesondere die freie Elektrode schneidenförmig ausgeführt sein, wodurch sich eine beachtliche Feldstärkeüberhöhung in diesem Bereich des Brennraumes ergibt. Dadurch kommt es zu einer besseren Energieeffizienz bei der Zersetzung der Schadstoffe, was bei der bereits erwähnten älteren Patentanmeldung 19 525 749.9 bereits vorgeschlagen wurde.

Die Anordnung der Elektroden in Relation zum Entladungsraum kann unterschiedlich sein. Neben der symmetrischen Anordnung der Elektroden 12, 13 in Fig. 2 ist in Fig. 5 in bezug auf die Tiefe eines Moduls 50 eine unsymmetrische Anordnung gleich ausgebildeter Elektroden 12, 13 vorgeschlagen. Bei einer solchen Anordnung können sich durch entsprechende Beschichtung des nachfolgenden Reaktionsraumes Vorteile für die Reaktion des dielektrischen Entladung durchlaufenen Abgases mit dem Wandmaterial ergeben.

In alternativer Ausbildung können gemäß Fig. 6 in Richtung der Tiefenausdehnung eines Moduls 60 jeweils mehrere Elektroden 12, 12', 12'' bzw. 13, 13', 13'' vorhanden sein. Es ist dabei denkbar, daß die Module des Abgases nach Durchlaufen einer ersten dielektrisch behinderten Entladung eine definierte chemische Reaktion durchlaufen und daß anschließend eine zweite und gegebenenfalls auch dritte Entladung erfolgt. Entsprechendes ergibt sich aus Fig. 7, bei dem in einem Modul 70 unterschiedliche Elektroden 72 und 73 jeweils als größere strukturierte Einheit ausgeführt sind und in vorgegebenem Abstand beispielsweise einzelne Schneiden 72a, b, c bzw. 73a, b, c bilden.

Die Elektroden müssen nicht zwangsläufig aus massivem Material bestehen. Sie können vielmehr auch als nach innen isolierte Hohlkörper 82 bzw. 83 mit leitender Außenfläche gemäß Fig. 8 ausgebildet sein. In solche Hohlelektroden 82 und 83 lassen sich einzelne Heizelemente 84 einschieben, mit denen eine vorgegebene Betriebstemperatur des gesamten Abgasreinigungselementes eingestellbar ist.

In Fig. 9 ist eine Modulanordnung 90 mit Heizung derart ausgestaltet, daß die Elektroden 92 bzw. 93 gleichermaßen einerseits zur Speisung der Entladung und andererseits zur Heizung dienen. An die Elektroden 92 und 93 wird dazu von einem Wechselspannungsgenerator 95 die Entladungsspannung mit höherer Frequenz, beispielsweise 10 kHz, und zusätzlich eine Heizspannung mit davon abweichender Frequenz, beispielsweise Wechselspannung von 50 Hz oder insbesondere Gleichspannung von einem Gleichspannungsgenerator 96, angelegt. Eine unerwünschte Rückwirkung beider Spannungsquellen 95 und 96 aufeinander kann dabei durch entsprechende Beschaltung mit Kondensatoren 97 und Drosseln 98 ausgeschlossen werden.

In Fig. 10 sind mehrere Module anhand den vorstehenden Fig. 1 bis 9 beschriebenen Modulen 10 bis 90 hintereinandergeschaltet. Beispielhaft sind rechteckige Module 10 in einem rechteckigen Strömungskanal angeordnet und bilden einen kompletten Reaktor. Die Module lassen sich natürlich auch an andere Kanalgeometrien, insbesondere runde oder ovale Rohre, anpassen.

Außer dem Aneinanderreihen einzelner gleicher Module, beispielsweise in Fig. 10 mehrere Module 10 zu einer Gesamtanordnung, die elektrisch gemeinsam betrieben wird, lassen sich auch unterschiedliche Module, beispielsweise ein Modul 10 und ein Modul 40, miteinander kombinieren. In jedem Fall kann der jeweilige Zwischenraum nach dem vorliegenden Erfordernis gewählt oder variiert werden. Insbesondere ergibt sich dabei die Möglichkeit, zwischen den einzelnen Modulen und damit den Stufen der Abgasbehandlung durch stille Entladungen zusätzliche Maßnahmen vorzusehen. In Fig. 10 ist beispielhaft ein Filter 110 zwischen zwei Modulen 10 angeordnet.

Durch elektrisch unabhängiges Betreiben einzelner Module lassen sich in einem einzigen System Entladungen mit unterschiedlichen Charakteristiken, beispielsweise verschiedener Frequenzen oder Pulsformen, simultan miteinander kombinieren.

Patentansprüche

5

20

1. Vorrichtung zur plasmachemischen Zersetzung und/oder Vernichtung von Schadstoffen, insbesondere zur Abgasreinigung von Verbrennungsmotoren oder anderer mit fossilem Treibstoff betriebenen Maschinen, bei der die Schadstoffe als Abgastrom eine mit dielektrisch behinderten ("stillen") Entladungen beaufschlagte Strecke in einem Reaktor durchlaufen, mit einer Elektrodenanordnung aus wenigstens einer ersten dielektrisch beschichteten Elektrode und einer zweiten Elektrode als Gegenelektrode, zwischen denen bei vorgegebenem Abstand ("Schlagweite") eine Hochspannung vorgebbarer Frequenzaktivierung der Entladungen anlegbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Reaktor (1) aus wenigstens einem Modul (10, 30 ... 90) mit einer Vielzahl paralleler, räumlich voneinander getrennter Kanäle (11, 31, ...) in einem dielektrischen Körper (15) besteht, wobei die Elektroden (12, 13, ..., 92, 93) jeweils gruppenweise für mehrere 30 Kanäle (11, 31, ..., 91) zusammengefaßt sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der dielektrische Körper durch einen Isolationskörper (15) ausgebildet ist, in denen die Elektroden (12, 13) fest eingebracht sind.

45

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein einzelnes Modul (10, 30, ... 90) eine standardmäßig vorgegebene Dicke aufweist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Module (10, 30, ... 90) hintereinander schaltbar, vorzugsweise einzelne Module (10) unmittelbar hintereinander angeordnet sind.

50

5. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne Module (10, 30, ... 90) mit Abstand hintereinander angeordnet sind und daß zwischen die Module Filter angeordnet sind.

55

6. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (11, 12) mechanisch fest im Isolationskörper (15) integriert sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Beheizung der Isolationskörper (84; 96, 98) vorhanden sind.

60

8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Kanäle (11, 31, ..., 91) eine geometrisch vorgegebene Kontur, beispielsweise rund oder rechteckig, hat.

65

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekenn-

zeichnet, daß der Querschnitt der Kanäle sternförmig ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle im Querschnitt ein Langloch (31) bilden.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (11, 31, ..., 91) mit einem die Schadstoffzersetzung fördernden Material, insbesondere mit einer katalytisch wirksamen Keramik, mit einer Metallocidbeschichtung oder ähnlichem ausgekleidet sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Elektroden (12, 13, ...) eine schneidenförmige Struktur hat.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (92, 93) gleichermaßen die Heizung bilden.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Modul (60) vorgegebener Dicke mit einer bestimmten Anzahl von Kanälen, welche symmetrisch angeordnet sind, mehrere Elektroden (12, 12', 12'', 13, 13', 13'') hintereinander angeordnet sind.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß gleiche oder unterschiedlich aufgebaute Module (10, 30, ..., 90) ein komplettes Abgasreinigungslement bilden.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leersseite -

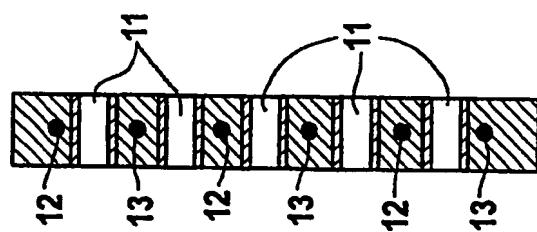


FIG 2

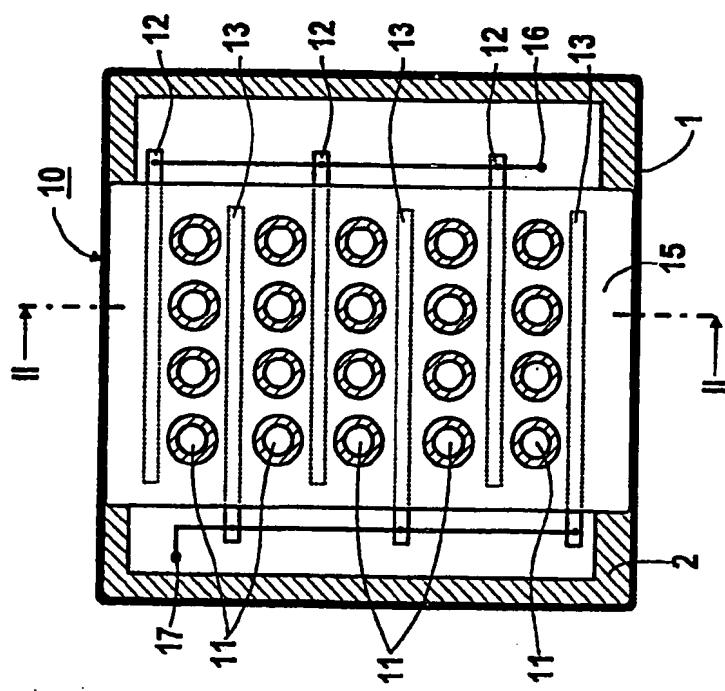


FIG 1

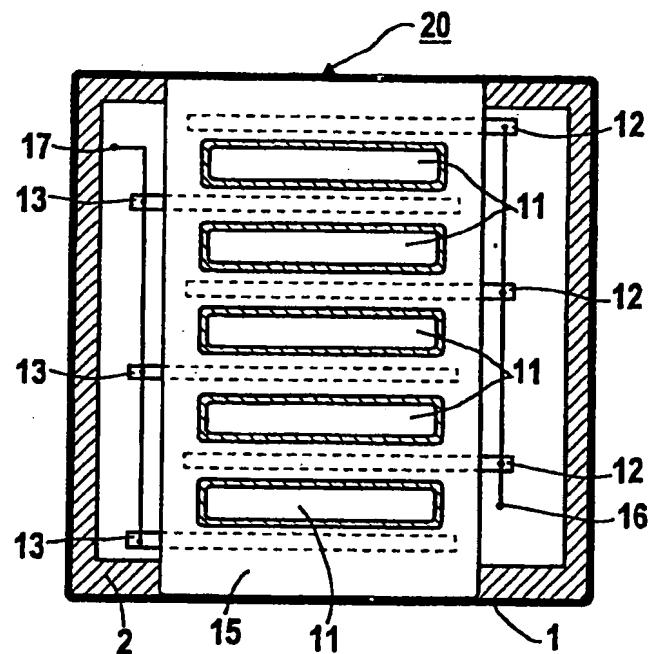


FIG 3

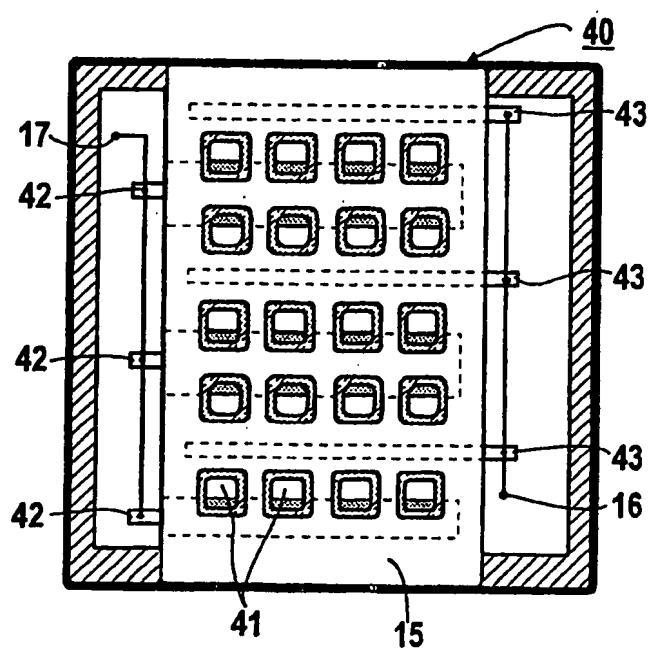


FIG 4

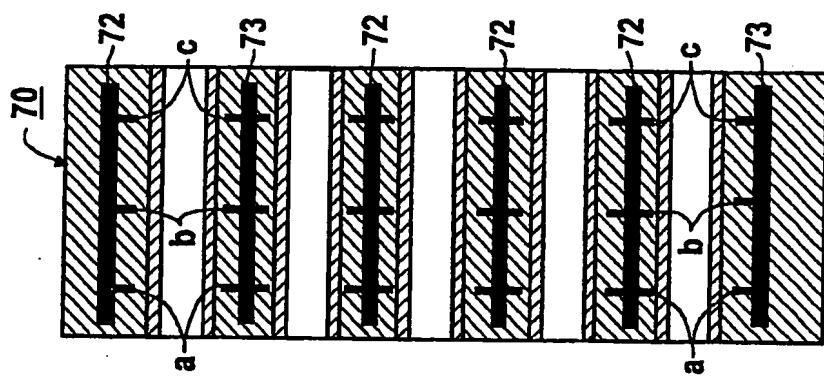


FIG 7

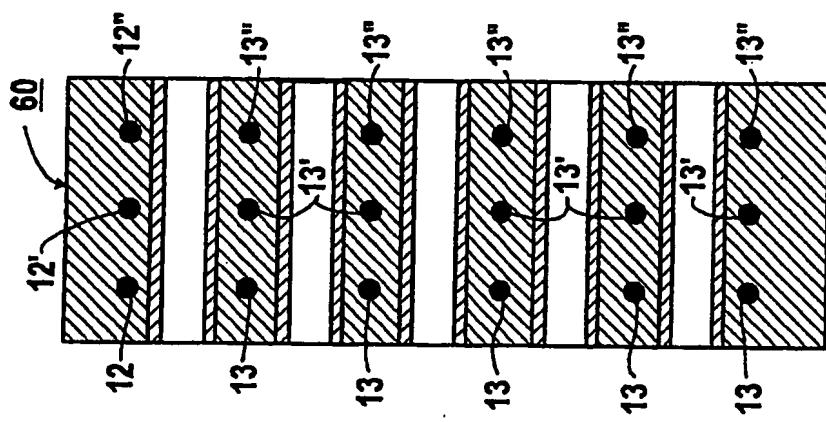


FIG 6

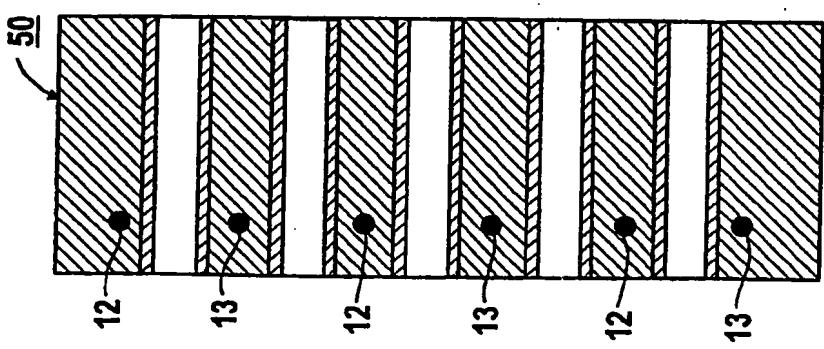


FIG 5

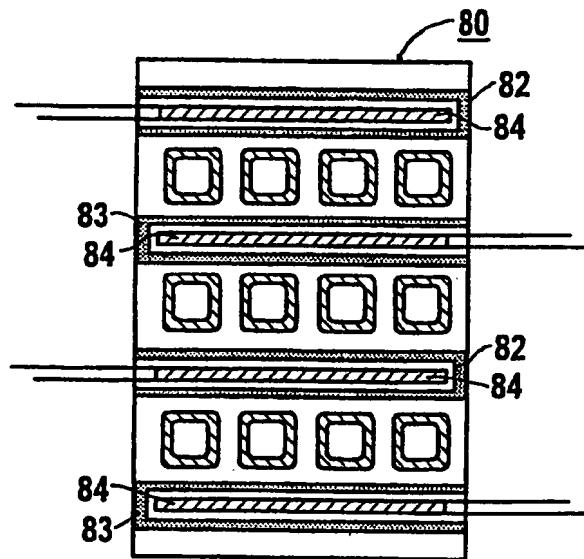


FIG 8

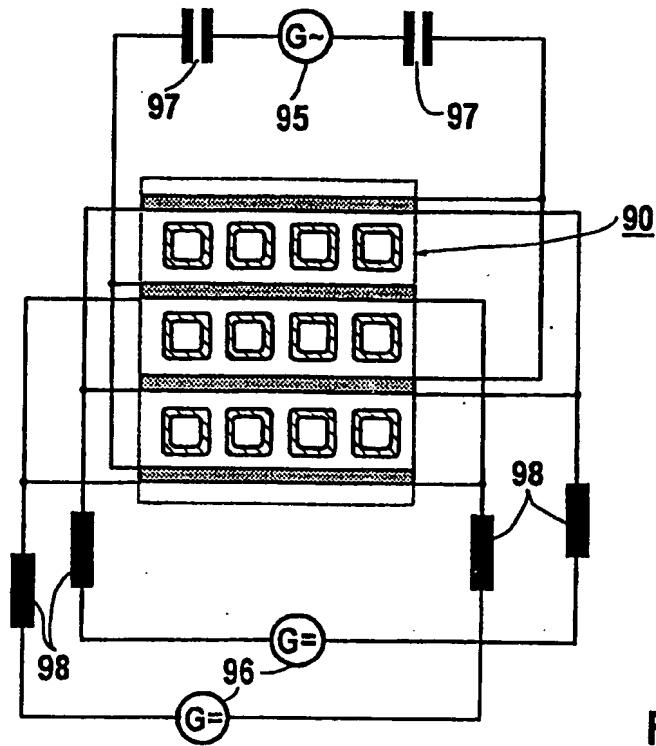


FIG 9

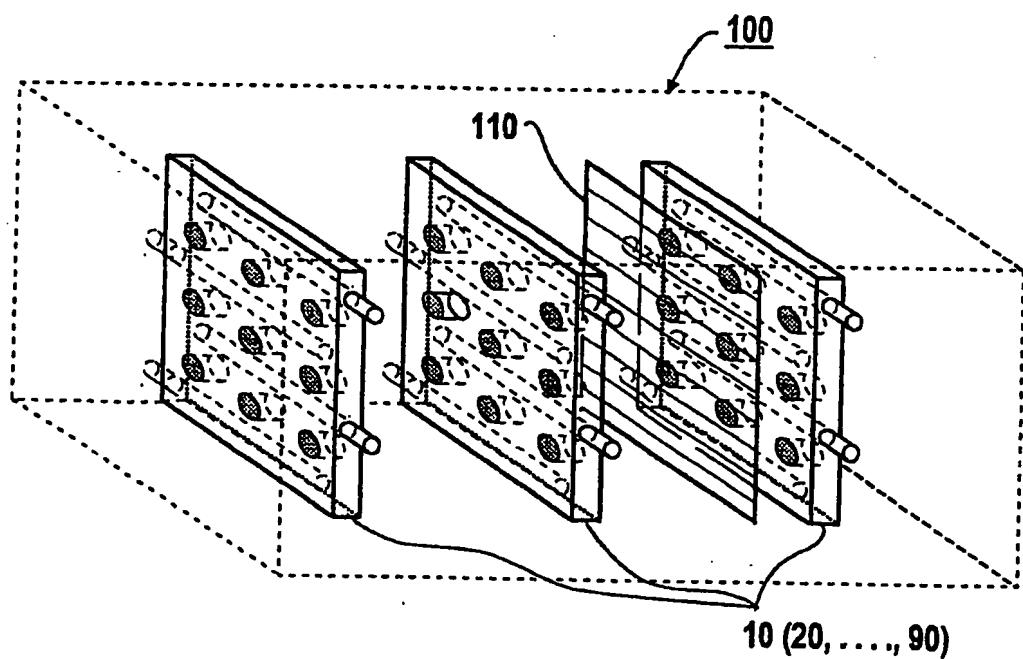


FIG 10